

**Atividade de peroxidases
e polifenoloxidasas em
Psidium spp. resistentes e
suscetíveis a *Meloidogyne
enterolobii***



ISSN 1808-9968

Dezembro, 2015

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Embrapa Semiárido

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 122

Atividade de Peroxidases e Polifenoloxidasas em *Psidium* spp. Resistentes e Suscetíveis a *Meloidogyne enterolobii*

Juliana Martins Ribeiro

Márcio dos Santos Teixeira Pinto

José Mauro da Cunha e Castro

Natoniel Franklin de Melo

Kátia Valevski Sales Fernandes

Embrapa Semiárido

Petrolina, PE

2015

Esta publicação está disponibilizada no endereço:
<http://www.embrapa.br/semiario>

Exemplares da mesma podem ser adquiridos na:

Embrapa Semiárido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23 56302-970 Petrolina, PE

Fone: (87) 3866-3600 Fax: (87) 3866-3815

<http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac/>

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Flávio de França Souza

Secretária Executiva: Lúcia Helena Piedade Kiill

Membros: Alessandra Monteiro Salviano

Diana Signor Deon

Fernanda Muniz Bez Birolo

Francislene Angelotti

Gislene Feitosa Brito Gama

José Maria Pinto

Juliana Martins Ribeiro

Mizael Félix da Silva Neto

Pedro Martins Ribeiro Júnior

Rafaela Priscila Antonio

Roseli Freire de Melo

Salete Alves de Moraes

Supervisor editorial: Sidinei Anunciação Silva

Revisor de texto: Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica: Sidinei Anunciação Silva

Fotos da capa: Juliana Martins Ribeiro

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição (2015): Formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

É permitida a reprodução parcial do conteúdo desta publicação desde que citada a fonte.

CIP - Brasil. Catalogação na publicação

Embrapa Semiárido

Atividade de peroxidases e polifenoloxidasas em *Psidium* spp. resistentes e suscetíveis a *Meloidogyne enterolobii* / Juliana Martins Ribeiro ... [et al.]. – Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.

16 p. il. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 122).

1. Goiabeira. 2. Nematóide-das-galhas. 3. Biotecnologia. I. *Psidium guajava*. II. Ribeiro, Juliana Martins. III. Pinto, Márcio dos Santos Teixeira. IV. Castro, José Mauro da Cunha e. V. Melo, Nataniel Franklin de. VI. Fernandes, Kátia Valeviski Sales. VII. Título. VIII. Série.

Sumário

Resumo	4
Abstract	6
Introdução	7
Material e Métodos	9
Resultados e Discussão	10
Conclusões	13
Referências	14

Atividade de Peroxidases e Polifenoloxidasas em *Psidium* spp. Resistentes e Suscetíveis a *Meloidogyne enterolobii*

Juliana Martins Ribeiro¹; Márcio dos Santos Teixeira Pinto²; José Mauro da Cunha e Castro³; Nataniel Franklin de Melo⁴; Kátia Valevski Sales Fernandes⁵

Resumo

Não existem métodos de controle efetivos para *Meloidogyne enterolobii*, o nematoide-das-galhas da goiabeira. Produtos químicos avaliados experimentalmente não têm sido eficientes no seu controle. Além disso, a falta de compatibilidade de enxertia de goiabeiras com outras espécies de *Psidium* que apresentam resistência ao nematoide-das-galhas tem tornado a técnica inviável para o cultivo desta frutífera no Submédio do Vale do São Francisco. Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade de polifenoloxidasas e peroxidases em *Psidium* spp. resistentes e suscetíveis a *M. enterolobii*, objetivando a prospecção de recursos bioquímicos relacionados com a resistência ao nematoide. Para tanto, plantas de ambos os comportamentos foram analisadas aos 10, 20 e 30 dias após a inoculação, além de uma testemunha não inoculada (NI). Foi observado que a atividade de polifenoloxidasas foi maior na espécie resistente quando comparada com a suscetível. Entretanto, não foram observadas diferenças significativas entre os tempos avaliados de inoculação com o nematoide e plantas não inoculadas na atividade desta enzima. Em relação às peroxidases, a atividade foi semelhante entre a

¹Bióloga, D.Sc. em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

²Biólogo, D.Sc. em Biotecnologia e Biotecnologia, professor da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Gurupi, TO.

³Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Fitopatologia, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

⁴Biólogo, D.Sc. em Ciências Biológicas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

⁵Bióloga, D.Sc. em Ciências Biológicas, professora da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goitacazes, RJ.

espécie resistente e a suscetível e também não foi observado efeito dos tempos de inoculação avaliados e a testemunha sem inoculação para atividades de peroxidases nas duas espécies estudadas.

Termos para indexação: nematoide-das-galhas, proteínas de defesa em plantas, expressão constitutiva, goiabeira, araçazeiro.

Peroxidases and Polyphenoloxidases Activity in Resistant and Susceptible *Psidium* spp.

Abstract

To date, no effective control methods to *Meloidogyne enterolobii*, the guava root-knot nematoides. Chemicals evaluated experimentally not have been effective in its control and do not exist in Brazil nematicides registered in the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply for use in guava culture. In addition, the lack grafting compatibility of guava trees with other species of *Psidium* resistentes to nematode galls have made impossible the use of this technique for the cultivation of this fruit in the Lower Basin of San Francisco Valley. Based on this information, this study aimed to evaluate the activity of polyphenoloxidases and peroxidases in *Psidium* spp. resistant and susceptible to *M. enterolobii*, aiming at prospecting biochemical resources related to resistance to the nematode. For this purpose, plants of both behaviours were examined 10, 20 and 30 days after inoculation, and an uninoculated control (NI). It was found that the polyphenol has greater activity in the resistant strain as compared to susceptible. However, there was no significant differences between the inoculation times with the assessed nematode and plants not inoculated in the activity of this enzyme. Regarding peroxidases, the activity was similar between resistant and susceptible species and was also no effect of the evaluated inoculation times and without inoculation witness to peroxidase activity in both species.

Index terms: root-knot nematodes, defense proteins in plants, constitutive expression, guava, araçá.

Introdução

A cultura da goiabeira (*Psidium guajava* L.), introduzida há mais de 24 anos nas áreas irrigadas dos estados da Bahia e Pernambuco, surgiu como uma opção de diversificação com grande potencial para atender ao consumo nacional e com forte perspectiva para a exportação, principalmente por causa da possibilidade da produção de frutos de alta qualidade em qualquer época do ano, associando-se poda com estresse hídrico (FLORI; CASTRO, 2009).

Há quase três décadas, nematoides do gênero *Meloidogyne* foram detectados em goiabeiras cultivadas no Nordeste brasileiro (MOURA; MOURA, 1989). Posteriormente, a espécie *M. enterolobii* (Yang & Eisenback) (sin. *M. mayaguensis*) foi identificada como agente causal do declínio da goiabeira em amostras de raízes coletadas em Juazeiro e no Distrito de Manicoba, no Estado da Bahia, e em Petrolina, Pernambuco (CARNEIRO et al., 2001). Embora na última década tenha ocorrido um crescimento da área cultivada com a goiabeira no Submédio do Vale do São Francisco, a ocorrência de problemas fitossanitários, principalmente relacionados ao ataque de *M. enterolobii*, tem prejudicado a produção da cultura e inviabilizado várias áreas de cultivo (FLORI; CASTRO, 2009).

O manejo de áreas infestadas com nematoides geralmente é realizado com base, principalmente, em três métodos: químico (nematicidas), genético (uso de cultivares resistentes/tolerantes como porta-enxertos) e cultural (rotação com culturas resistentes). Até o momento, não existem métodos de controle efetivos e o potencial de disseminação dessa praga por meio de mudas contaminadas e implementos agrícolas é elevado. De modo geral, os nematicidas disponíveis no Brasil são de natureza sistêmica, dos grupos químicos dos carbamatos e organofosforados, apresentando alta toxicidade ao homem e ao ambiente. Entretanto, produtos químicos avaliados experimentalmente não têm sido eficientes no controle do nematoide e, no Brasil, ainda não existem nematicidas registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) para utilização na cultura da goiabeira (AGROFIT, 2015).

Quanto ao uso de porta-enxertos, o ideal seria utilizar genótipos imunes. Todavia, não sendo encontrado nenhum material com essa característica, genótipos que apresentem resistência ou tolerância

ao patógeno, ou seja, que também possuam a capacidade de se desenvolver satisfatoriamente, apesar de infectados podem se tornar uma alternativa viável de manejo. Não existem cultivares de goiabeiras resistentes a *M. enterolobii* e, apesar de algumas espécies de araçazeiro terem demonstrado resistência/tolerância ao referido nematoide (ALMEIDA et al., 2009), por causa do seu porte reduzido, não apresentam compatibilidade de enxertia com goiabeiras, inviabilizando o seu uso como porta-enxertos. Em relação à técnica de rotação de culturas, apesar de se apresentar muito eficiente e bastante difundida para o controle de várias doenças e pragas, não é aconselhada para o manejo de áreas cultivadas com goiabeiras por se tratar de uma cultura perene (HALBRENDT; LAMONDIA, 2004).

A resistência a vários patógenos por parte de algumas plantas, incluindo nematoides, pode ser geneticamente mediada por um gene dominante de resistência, denominado gene *R* (CHEN et al., 2007; POCH et al., 2006) ou pode ser atribuída a atividades de enzimas específicas expressas durante a infecção (ALMARGO et al., 2009). As polifenoloxidasas são enzimas que geralmente se apresentam em quantidades elevadas em tecidos infectados, promovendo a degradação oxidativa de compostos fenólicos próximos ao local da lesão provocada pelo patógeno, resultando no aparecimento de substâncias escuras provenientes da polimerização oxidativa das quinonas (AGRIOS, 2005). As peroxidases são enzimas que agem de forma parecida com as polifenoloxidasas, mas possuem como substrato principal o peróxido de hidrogênio, além de outra molécula doadora de elétrons, como o fenol ou outros compostos orgânicos (TAKAHAMA; ONIKI, 2000). As peroxidases podem atuar tanto diretamente na defesa de plantas a patógenos, quanto nas vias de sinalização relacionadas a diversos processos fisiológicos em plantas (PINTO et al., 2011).

Dessa forma, a prospecção de proteínas relacionadas com a resistência a *M. enterolobii* em espécies de *Psidium* resistentes, como é o caso do araçazeiro da Costa Rica, é de grande importância para o desenvolvimento de medidas alternativas de controle deste patógeno.

Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade de polifenoloxidasas e peroxidases numa espécie resistente (*Psidium friedrichstalianum* - araçazeiro da Costa Rica) em comparação com outra suscetível (*Psidium guajava* - goiabeira 'Paluma') a *M. enterolobii*.

Material e Métodos

Na casa de vegetação da Embrapa Semiárido, sementes de *P. friedrichstalianum* (espécie resistente conhecida como araçazeiro da Costa Rica) e de *P. guajava* cv. Paluma (goiabeira - espécie suscetível) foram colocadas para germinar em vasos medindo 15 cm x 17,5 cm x 12,3 cm (altura x diâmetro de boca x diâmetro de fundo) contendo solo autoclavado. Após a germinação, as mudas foram, individualmente, transferidas para sacos plásticos de 10 cm x 15 cm (largura x altura) contendo solo autoclavado, sendo mantidas em casa de vegetação, irrigadas diariamente e adubadas de acordo com a necessidade da cultura.

O inóculo de *M. enterolobii* foi obtido de raízes de tomateiros (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Santa Clara, que foram empregados para a multiplicação e manutenção do nematoide em casa de vegetação. As raízes foram coletadas, lavadas em água contida em balde para eliminar o excesso de solo, trituradas em liquidificador em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, conforme proposto por Boneti e Ferraz (1981).

Plantas com quatro pares de folhas, resistentes e suscetíveis, foram inoculadas com 6,0 mL de suspensão, contendo 6.000 ovos de *M. enterolobii* por mililitro, nos períodos de 10, 20 e 30 dias antes da coleta das raízes. Também, foram mantidas plantas sem inoculação, das duas espécies, para servirem de testemunha não inoculada (NI).

No Laboratório de Nematologia da Embrapa Semiárido, as plantas foram cuidadosamente retiradas dos sacos plásticos nos quais estavam sendo cultivadas e lavadas com água corrente para a retirada do substrato das raízes. No Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Semiárido, foram medidos 500 mg de tecido das raízes, colocados em almofariz, macerados em nitrogênio líquido até a obtenção de um pó e transferidos para tubos de 2,0 mL. A cada amostra foi adicionado o tampão de extração (Tris HCL 0,1 M pH 8,0; NaCl 0,5 M; PVPP 10% e PMSF 2 mM) na proporção de 1:10. Os tubos foram centrifugados durante 30 minutos a 12.000 g em temperatura de 4 °C. O sobrenadante, contendo o extrato proteico, foi recolhido e o sedimento foi descartado. As proteínas totais, contidas nos extratos proteicos das amostras radiculares, foram quantificadas segundo o método de Bradford (1976) e utilizadas para a quantificação das enzimas.

A medição de atividade polifenoloxidásica foi realizada segundo o protocolo descrito por Pinto et al. (2008), utilizando-se catecol como substrato enzimático. A medição da atividade de peroxidases foi efetuada com o uso de guaiacol e peróxido de hidrogênio como substratos (guaiacol peroxidases) (JANDA et al., 2003). Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 4 (duas espécies de *Psidium* x quatro tratamentos: inoculação aos 10, 20 e 30 dias antes da coleta e testemunha não inoculada). Foram realizadas três repetições e parcela experimental com cinco plantas. Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa SAS for Windows, versão 9.2, 2002-2008.

Resultados e Discussão

Não houve efeito dos tempos de inoculação avaliados (10, 20 e 30 dias antes da coleta) na atividade de polifenoloxidasas nas raízes, tanto para goiabeira 'Paluma' (espécie suscetível), quanto para araçazeiro 'Costa Rica' (espécie resistente) (Figura 1a), pois a atividade nos tempos avaliados, em cada espécie, não diferiu das respectivas testemunhas não inoculadas. Entretanto, foi observado efeito significativo das espécies utilizadas para a atividade dessa enzima, sendo maior em araçazeiro 'Costa Rica', quando comparado com goiabeira 'Paluma' (Figura 1b).

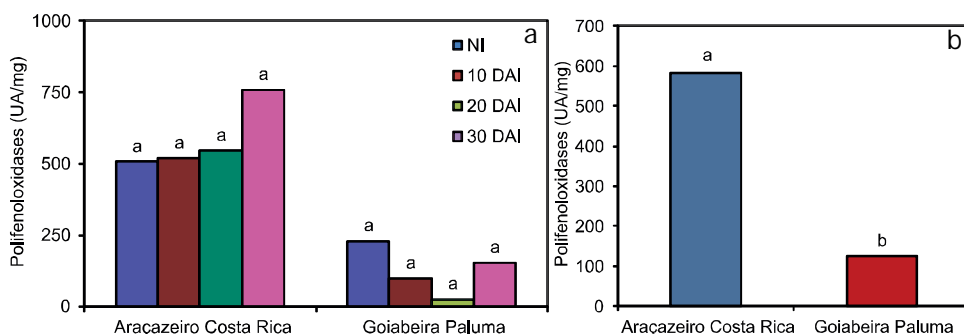


Figura 1. Atividade de polifenoloxidasas em extratos proteicos de raízes de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) 'Paluma' e de araçazeiros (*Psidium guineense* SW) 'Costa Rica' submetidos a diferentes tratamentos: testemunha não inoculada (NI) e 10, 20 e 30 dias após a inoculação (DAI) com *Meloidogyne enterolobii* (a) e efeito dessas espécies na atividade dessa enzima (b). Barras com mesma letra não diferem entre si pelo teste "F" ($P \leq 0,05$).

A atividade de polifenoloxidasas e de peroxidases tem sido bastante estudada em plantas, como parte dos mecanismos de defesas induzidos ou como resposta a condições de estresse. Contudo, existem poucos estudos relacionados com a participação destas enzimas na resistência constitutiva das plantas.

Polifenoloxidasas oxidam um amplo grupo de fenóis sem a necessidade de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (NOJOSA et al., 2003). Normalmente, se encontram elevadas em tecidos infectados por patógenos e possuem correlação positiva com a resistência a determinados patógenos e doenças (CAMPOS et al., 2004; RAHMAN; PUNJA, 2005; WUYTS et al., 2006). No entanto, nos resultados apresentados neste estudo, houve diferença estatística na atividade desta proteína apenas entre as espécies avaliadas, não sendo observada diferença significativa entre plantas inoculadas e não inoculadas com o nematoide, nem mesmo entre os diferentes tempos de inoculação avaliados. A atividade de polifenoloxidasas foi maior em araçazeiro 'Costa Rica' quando comparado com a goiabeira 'Paluma', sugerindo uma expressão constitutiva desta proteína na espécie resistente.

Estes resultados estão de acordo com aqueles apresentados por Komarova e Davidovich (1997), que não observaram diferença na atividade das polifenoloxidasas entre plantas de arroz (*Oryza sativa*, L.) com e sem infecção com a ferrugem (*Puccinia dispersa* Erikss & Henn), independente do grau de resistência das cultivares avaliadas. Da mesma maneira, Li et al. (1991) não observaram relação entre a atividade desta enzima e a resistência de cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) à ferrugem (*Puccinia arachidis* Speg.).

Melo et al. (2006) também observaram a expressão constitutiva de polifenoloxidasas em folhas de café (*Coffea arabica* L.), porém, não relacionaram a atividade desta enzima com a resistência das plantas de café a fungos e insetos. Ainda neste sentido, Ribeiro et al. (2010) não observaram diferença significativa na atividade desta enzima entre as plantas de amendoim inoculadas e não inoculadas com o nematoide *M. enterolobii* em tecidos do caule e da raiz. Os resultados obtidos indicaram que o processo de resistência poderia estar relacionado não apenas com a atividade constitutiva das polifenoloxidasas, mas também com o potencial oxidativo e a composição de compostos fenólicos do tecido lesionado.

Como constatado para as polifenoloxidasas, também não foi observado efeito significativo dos tempos de inoculação avaliados na atividade de peroxidases nas raízes, tanto para goiabeira 'Paluma', quanto para araçazeiro 'Costa Rica' (Figura 2a), pois as atividades nestes tempos, para cada espécie, não diferiram entre si nem das respectivas testemunhas não inoculadas. Além disso, também não foi observado efeito das espécies de *Psidium* utilizadas na atividade de peroxidases, pois essa foi estatisticamente igual entre o araçazeiro 'Costa Rica' e a goiabeira 'Paluma' (Figura 2b).

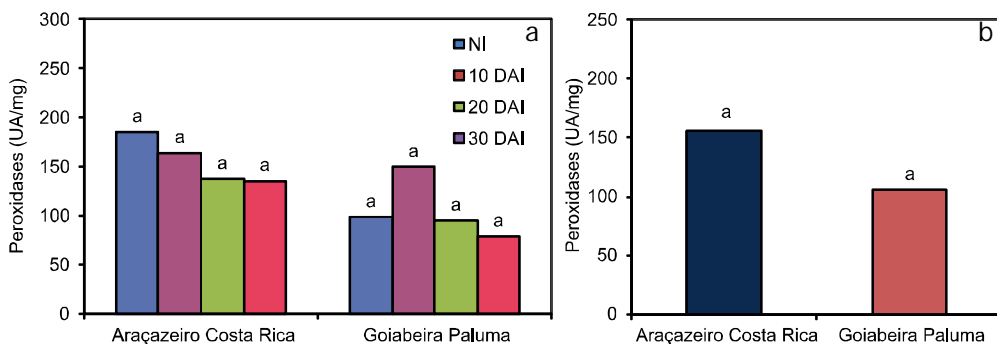


Figura 2. Atividade de peroxidases em extratos proteicos de raízes de goiabeiras (*Psidium guajava* L.) 'Paluma' e de araçazeiros (*Psidium guineense* SW) 'Costa Rica' submetidos a diferentes tratamentos: testemunha não inoculada (NI) e 10, 20 e 30 dias após a inoculação (DAI) com *Meloidogyne enterolobii* (a) e efeito dessas espécies na atividade dessa enzima (b). Barras com mesma letra não diferem entre si pelo teste "F" ($P \leq 0,05$).

Peroxidases catalisam reações de oxidação, utilizando H_2O_2 e atuam em vários processos metabólicos como biossíntese de etileno, descarboxilação do ácido indol acético, lignificação da parede celular e respostas de estresse em geral (PASSARDI et al., 2005; SIEGEL, 1993). Neste trabalho, sua atividade foi estatisticamente igual em raízes das espécies resistente e suscetível, e não houve efeito significativo dos tempos de inoculação avaliados com o nematoide na atividade de peroxidases.

Uma hipótese para explicar os resultados obtidos seria o fato de, nas espécies analisadas, as isomorfos de peroxidase expressas poderiam estar envolvidas mais efetivamente no processo de lignificação de parede celular, em se tratando de espécies lenhosas, do que na própria defesa das plantas estudadas contra o ataque de patógenos, não tendo sido alterada quando desafiada com o nematoide.

Rodrigues et al. (2002), em estudos com pessegueiro (*Prunus persica* L.) e ameixeira (*Prunus* spp.), observaram alta atividade de peroxidases na casca das plantas em período de dormência. Os autores atribuíram a elevada concentração enzimática no período de dormência à maior lignificação dos tecidos nesta época, levando-se em consideração o fato de esta enzima atuar na biossíntese da lignina.

Outro fator que poderia estar relacionado com os resultados observados seriam os intervalos de tempo adotados nos experimentos para a verificação da atividade de peroxidases. Neste trabalho, o intervalo entre as coletas foi de 10 dias após a inoculação com *M. enterolobii*. A maior atividade desta enzima poderia ter ocorrido entre esses períodos, principalmente entre 0 e 10 dias da inoculação. Siahpoush et al. (2011), em estudos com pepino (*Cucumis sativus* L.), realizaram a inoculação de *M. javanica* em intervalos de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias. Os autores observaram que, aos 6 dias após a inoculação, a atividade de peroxidases era maior nas plantas inoculadas com o nematoide, em comparação com aquelas do tratamento controle. No entanto, no sétimo dia de inoculação, a atividade desta enzima nas plantas inoculadas passou a ser a mesma observada nas plantas controle.

Conclusões

A atividade de polifenoloxidasas é maior em raízes de araçazeiro 'Costa Rica', que são resistentes ao *M. enterolobii*, quando comparado com raízes de goiabeira 'Paluma', que são suscetíveis.

A atividade de peroxidases em raízes de goiabeira 'Paluma' não difere de raízes de araçazeiro 'Costa Rica' inoculadas com *M. enterolobii*.

Em raízes de araçazeiro 'Costa e Rica' e de goiabeira 'Paluma' os tempos de 10, 20 e 30 dias após a inoculação com *M. enterolobii* não interferem significativamente na atividade de polifenoloxidasas e peroxidases.

Agradecimentos

À Facepe, ao CNPq e à Embrapa Semiárido pelo suporte financeiro, e à Raimundo Parente de Oliveira, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Referências

- ALMAGRO, L.; GÓMEZ ROS, L. V.; BELCHI-NAVARRO, S.; BRU, R.; ROS BARCELÓ, A.; PEDREÑO, M. A. Class III peroxidases in plant defence reactions **Journal of Experimental Botany**, [Oxford], v. 60, n. 2, p. 377-390, 2009.
- ALMEIDA, E. J.; SANTOS, J. M.; MARTINS, A. B. G. Resistência de goiabeiras e araçazeiros a *Meloidogyne mayaguensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 4, p. 421-423, 2009.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para a extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 72, p. 248-254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistemas Agrotóxicos Fitossanitários. Brasília, DF, 2003. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/servicos-e-sistemas/sistemas/agrofit> > . Acesso em: 14 set. 2015.
- CAMPOS, A. D.; FERREIRA, A. G.; HAMPE, M. M. V.; ANTUNES, I. F.; BRANÇÃO, N.; SILVEIRA, E. P.; OSÓRIO, V. A.; AUGUSTIN, E. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 39, n. 7, p. 637-643, jul. 2004.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 25, p. 223-228, 2001.
- CHEN, R.; LI, H.; ZHANG, L.; ZHANG, J.; XIAO, J.; YE, Z. *CaMi*, a root-knot resistance gene from hot pepper (*Capsicum annuum* L.) confers nematode resistance in tomato. **Plant Cell Report**, Berlin, v. 26, n. 7, p. 895-905, 2007.
- FLORI, J. E.; CASTRO, J. M. da C. e. Cultura da goiabeira irrigada no Nordeste brasileiro. In: NATALE, W.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de; AMORIM, D. A. de. (Ed.). **Cultura da goiaba**: do plantio à comercialização. Jaboticabal: UNESP-FCAV, 2009. v. 2. cap. 21, p. 507-523.
- HALBRENDT, J. M.; LAMONDIA, J. A. Crop rotation and other cultural practices. In: CHEN, Z. X.; CHEN, S. Y.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Nematology**: advances and perspectives: nematode management and utilization. Wallingford: CABI: Tsinghua University, 2004. v. 2. p. 909-930.
- JANDA, T.; SZALAI, G.; RIOS-GONZALEZ, E. S. K.; VEISA, O.; PALDI, E. Comparative study of frost tolerance and antioxidant activity in cereals. **Plant Science**, [Philadelphia] v. 164, p. 301-306, 2003.

KOMAROVA, E. P.; DAVIDOVICH, L. A. Involvement of phenolcarbonic acids and phenol-oxidizing enzymes in rye defense necrotic response to leaf rust infection. **Russian Journal of Plant Physiology**, New York, v. 44, p. 749-755, 1997.

LI, D.; WANG, Z. Z.; LIN, K. H. Relationships between activity of several enzymes and peanut resistance to rust. **Journal of South China Agricultural University**, Guangzhou, v. 12, p. 1-6, 1991.

MELO, G. A.; SHIMIZU, M. M.; MAZZAFERA, P. Polyphenoloxidase activity in coffee leaves and its role in resistance against the coffee leaf miner and coffee leaf rust. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 67, n. 3, p. 277-285, 2006.

MOURA, R. M.; MOURA, A. M. Meloidoginose da goiabeira: doença de alta severidade no Estado de Pernambuco, Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 13, p. 13-19, 1989.

NOJOSA, G. B. A.; RESENDE, M. L. V.; AGUILAR, M. A. G.; BEZERRA, K. M. T.; ANHERT, D. E. Componentes fenólicos e enzimas oxidativas em clones de *Theobroma cacao* resistentes e suscetíveis a *Crinipellis pernicioso*. **Fitopatologia brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-41582003000200005&script=sci_arttext > . Acesso em: 14 out. 2014.

PASSARDI, F.; COSIO, C.; PENEL, C.; DUNAND, C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. **Plant Cell Reports**, Cham, v. 24, p. 255-265, 2005.

PINTO, M. S. T.; SIQUEIRA, F. P.; OLIVEIRA, A. E. A.; FERNANDES, K. V. S. A wounding-induced PPO from cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings. **Phytochemistry**, [Oxford], v. 69, p. 2.297-2.302, 2008.

PINTO, M. S. T.; RIBEIRO, J. M.; OLIVEIRA, E. A. G. O estudo de genes e proteínas de defesa em plantas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 241-248, 2011.

POCH, H. L. C.; LÓPEZ, R. H. M.; KANAYUKA, K. Functionality of resistance gene Hero, wich controls plant root-infecting potato cyst nematode, in leaves of tomato. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 29, p. 1372-1378, 2006.

RAHMAN, M.; PUNJA, Z. K. Biochemistry of ginseng root tissues affected by rusty root symptoms. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 43, p. 1.103-1.114, 2005.

RIBEIRO, J. M.; CASTRO, J. M. da C. e; MELO, N. F. de; BASTOS, D. C.; FERNANDES, K. V. S.; PINTO, M. dos S. T.; OLIVEIRA, E. A. G. de **Cistatinas e atividade de polifenoloxidases em plantas de amendoim inoculadas com *Meloidogyne mayaguensis***. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 16 p. il. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa, 79). Disponível em: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28947/1/Juliana.pdf> > . 18 maio 2014.

RODRIGUES, A. C.; DINIZ, A. C.; FACHINELLO, J. C.; SILVA, J. B.; FARIA, J. L. C. Peroxidases e fenóis totais em tecidos de porta-enxertos de *Prunus* sp. nos períodos de crescimento vegetativo e de dormência. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 32, n. 4, p. 559-564, 2002.

SIAHPOUSH, S.; SAHEBANI, N.; AMINIAN, H. Change of some defense compounds of cucumber treated with *Bacillus cereus* and salicylic acid against *Meloidogyne javanica*. **African Journal of Plant Science**, Nairobi, v. 5, n. 14, p. 829-834, 2011.

SIEGEL, B. Z. Plant peroxidases: an organismic perspective. **Plant Growth Regulation**, Cham, v. 12, p. 303-312, 1993.

TAKAHAMA, U.; ONIKI, T. Flavonoids and some other phenolics as substrates of peroxidase: Physiological significance of the redox reaction. **Journal of Plant Research**, Cham, v. 113, p. 301-309, 2000.

WUYTS, N.; WAELE, D. D.; SWENNEN, R. Activity of phenylalanine ammonia-lyase, peroxidase and polyphenol oxidase in roots of banana (*Musa acuminata* AAA, cvs Grande Naine and Yangambi km5) before and after infection with *Radopholus similis*. **Nematology**, Leiden, v. 8, n. 2, p. 201-209, 2006.

